

10/539305

JC17 Rec'd PCT/PTO 16 JUN 2005

Anmelder: myonic GmbH  
Steinbeisstrasse 4  
88299 Leutkirch

"Wälzlager mit integriertem Schmiermaterial"

Die Erfindung betrifft ein Wälzlager nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Bislang werden für schnelllaufende Geräte wie Verdichter, Turbinen, Bearbeitungsspindeln, Kugellager, Turbomolekularpumpen oder dergleichen hochpräzise Kugellager mit  $n \cdot D_m \geq \text{Mio.}$  ( $n = \text{Drehzahl [1/min]}$ ,  $D_m = \text{Kugelmittlenkreis [mm]}$ ) eingesetzt. Solche Lager werden regelmäßig mit einer Ölschmierung versehen.

In vielen Anwendungsfällen stellt die Schmierung von Wälzlagern mit einem Öl kein wesentliches Problem dar. Bei besonderen Anwendungsfällen hingegen stört die Verwendung eines öligen Schmiermittels jedoch erheblich, wenn hierdurch das Schmiermittel in sensible Arbeitsbereiche gelangen kann, in denen derartige Schmierstoffe unerwünscht sind.

Schnelldrehende Wälzlager werden in vielfältigen Anwendungen, beispielsweise auch in zahnärztlichen Handinstrumenten eingesetzt. Hier ist es unmittelbar verständlich, dass das eingesetzte Schmiermittel unter anderem über die Lagerung und über die Aufnahme des Bohrers in den Arbeitsbereich des Bohrers und so in die zu bearbeitende Kavität im Munde des Patienten gelangen kann. Selbst kleinste Mengen an Schmiermittel in einer Zahnkavität haben zur Folge, dass dann

die verabreichte Füllung der Kavität nicht mehr zufriedenstellend gewährleisten werden kann, weil unter anderem ihre Haftung in der Kavität eingeschränkt wird.

Dem Stand der Technik folgend ist ein wiederholtes Ölen der Instrumente jedoch zwingend erforderlich. Die Erfahrung zeigt hierbei, dass dies üblicherweise unregelmäßig geschieht, und dann oftmals im Übermaß Öl zugeführt wird, was sich wiederum negativ auf das Betriebsverhalten und die Lebensdauer auswirkt und durch Ölaustritt während des Betriebs als Tropfen oder Ölnebel auch die Arbeitsqualität negativ beeinflusst.

Aus der Beschichtungstechnik sind Verfahren bekannt, mit deren Hilfe Körper beschichtet werden können. Ein derart beschichteter Grundkörper und ein beschichteter oder unbeschichteter Gegenkörper können dann im Trockenlauf relativ zueinander bewegt werden. Durch diese Bewegung wird Material vom beschichteten Grundkörper auf den nicht beschichteten Gegenkörper übertragen und beide Wälzflächen werden unter anderem durch diese Bewegung eingeglättet.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein schnelldrehendes Wälzlager, insbesondere ein Miniaturlager bereitzustellen, bei welchem die darin enthaltenen bewegten Bauelemente bei üblichen hohen Drehzahlen unter Sicherstellung einer geringen Abwärme, unter Sicherstellung einer hohen Laufruhe und unter Beibehaltung der bisherigen Lebensdauer ohne die Gefahr des Austritts von Öl betrieben werden können und das die geschilderten Nachteile des Stands der Technik vermeidet.

## Darstellung der Erfindung

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Merkmale aus Anspruch 1, bei denen mindestens eines der Teile eine zumindest teilflächige Beschichtung mit einem Schmierstoff aufweist wird ein Wälzlager geschaffen, welches ohne von außen zugeführte Schmiermittel auskommt.

Unter „Schmiermaterial“ werden im folgenden undifferenziert alle Materialien verstanden, welche eine schmierende Wirkung aufweisen.

Unter „Schmiermittel“ werden im folgenden insbesondere auch solche Schmiermaterialien verstanden, die nicht im Feststoff gebunden sind, wie beispielsweise Öle oder Fette.

Unter „Schmierstoff“ werden im weiteren insbesondere auch Schmiermaterialien verstanden, die in einem Feststoff gebunden sind und/oder die auch selbst Schmierstoffe freisetzen können.

Auch die Beschichtung selbst kann als Schmierstoff verstanden werden, die mit dem Grundmaterial fest verbunden ist oder auch noch mindestens eine Zwischenschicht z.B. als Trägerschicht aufweist.

Im Fall einer selbst Schmierstoff abgebenden Beschichtung soll vorzugsweise die abgegebene Menge so gering sein, dass sie, selbst bei teilweiser Zerstäubung bzw. Pulverisierung, nur lokal im wesentlichen im Bereich des Lagers auftritt und so keinen negativen Einfluss auf das Arbeitsergebnis ausübt. Dies hat den Vorteil, dass der Schmierstoff nur an den Stellen vorliegt, an welchen Reibvorgänge stattfinden.

Als Teile kommen insbesondere die Wälzkörper, d.h. im Fall von Kugellagern die Lagerkugeln, und/oder der Außenring und/oder der Innenring und/oder ein Lagerkäfig in Betracht. Bei dem Außen- und/oder Innenring wird hierbei bevorzugt die Laufbahn erfindungsgemäß ausgebildet.

Mit Hilfe einer solchen Feststoffschmierung kann das Öl als Schmiermittel ersetzt werden, um somit ein ölfreies Konzept umzusetzen.

Schmiermaterial ist generell immer dort nötig, wo es gilt, Reibung oder Verschleiß zu verringern und/oder Oberflächeneigenschaften gezielt einzustellen. Der Betreiber muß das erfindungsgemäße Lager nicht mehr periodisch schmieren, wodurch auch Pflegefehler während der Wartung, verhindert werden können. Außerdem wird die innere und äußere Verschmutzung der mit dem Lager versehenen Instrumente oder Geräte mit Schmiermittel verhindert.

Beim Einsatz in ein zahnärztliches Instrument wird bei der Behandlung der Vorteil erzielt, dass am Instrument kein Schmiermittel austritt und damit auch nicht in die zu behandelnde Kavität des Patienten gelangen kann. Dieses Konzept bezieht sich auf Handinstrumente, welche mit Luft angetrieben sind ebenso wie auf Handinstrumente, die mit

Hilfe eines Motors, insbesondere eines Elektromotors angetrieben werden.

Auch bei den anderen eingangs erwähnten Anwendungen, z.B. in der Vakuumtechnik, insbesondere in der Ultrahochvakuumtechnik, usw. wird die störende Wirkung eines Öls bzw. dessen Dampfes mit einem erfindungsgemäßen Lager vermieden. Darüber hinaus bietet ein erfindungsgemäßes Lager in allen Anwendungen den Vorteil, zumindest bezüglich der Schmierung wartungsfrei zu sein.

Eine besondere Hürde beim Zustandekommen der Erfindung lag in der Gewinnung von Erkenntnissen betreffend des Verhaltens kleinster Bauteile unter den spezifischen Belastungen, wie sie im Miniaturlagerbereich herrschen. Die Erfahrung betreffend des Verhaltens von Beschichtungen, wie sie zur Zeit im klassischen Maschinenbau, insbesondere in der Werkstoffkunde und Beschichtungstechnik Gegenstand der Forschung sind, kann aufgrund physikalischer und metallurgischer Effekte nicht linear auf immer kleinere Bauelemente übertragen werden. Vielmehr nehmen mit zunehmender Verkleinerung der Einfluss der Beanspruchung durch z.B. statische Belastungen ab und der Einfluss z.B. von Toleranzen, Oberflächenfinish, Kristall- und Gefügestrukturen, metallurgischen Diffusionsvorgängen etc. zu.

Darüber hinaus treten noch die für Miniaturlager in vielen Anwendungen typischen Belastungen hinzu, wie z.B. Umdrehungen von 40.000 1/min bis je nach Einsatzzweck über 400.000 1/min, die zum Teil über mehrere Getriebestufen, z.B. mit einem Gesamtübersetzungsverhältnis in der Größenordnung von ca. 1:5, erreicht werden können, und darüber hinaus eine möglichst hohe Laufruhe und eine geringe Wärmeentwicklung gefordert wird, wobei häufig noch eine hohe

Temperaturresistenz gewährleisten muss. Diese Belastungen treten vermehrt bei Lagern mit  $n \cdot D_m \geq 1 \text{ Mio.}$  auf ( $n = \text{Drehzahl [1/min]}$ ,  $D_m = \text{Kugelmittendurchmesser [mm]}$ ).

Es ist ausreichend, wenn nur ein Bauteil eine Beschichtung aufweist, solange eine Schmierung aufgrund des in der Beschichtung vorgesehenen Schmierstoffs erfolgt, wobei der Schmierstoff auch an der Beschichtung verbleiben kann und dann eine Übertragung auf das unbeschichtete Teil nicht erfolgt.

Wird gemäß einer ersten Weiterbildung von dem beschichteten Bauteil an das unbeschichtete Bauteil Beschichtungsmaterial und mit dem Beschichtungsmaterial zugleich der in diesem gebundene Schmierstoff übertragen, bringt dies den Vorteil mit sich, dass bereits in der Fertigung beschichtete Bauteile mit unbeschichteten Bauteilen kombiniert verbaut werden können. Nach einer Einlaufphase weisen die betreffenden in Kontakt stehenden Flächen ein Verhalten auf, als wie von vorne herein bereits beschichtete Flächen.

Vorteilhafterweise ist, wenn mehrere relativ zueinander bewegte Teile mit dem Erfordernis einer Schmierung vorhanden sind, auf mindestens einem der Teile eine Schmierstoff übertragende Beschichtung anzubringen, wobei auch unterschiedliche Beschichtungen vorgesehen sein können. Hierbei ist es nicht nötig, wirklich alle zueinander bewegten Bauteile zu beschichten, so lange nur sichergestellt ist, dass an den Stellen, an welchen die Relativbewegung beim Wälzvorgang stattfindet, entweder durch die Beschichtung nur eines Bauteils oder durch Übertragung von Material z.B. durch Abtragungsvorgänge, hinreichend Schmierung vorhanden ist.

Wenn der gebundene Schmierstoff und die unbeschichtete Gegenfläche so ausgebildet sind, dass der Schmierstoff an der Gegenfläche haftet, so ermöglicht die Materialübertragung von dem die Beschichtung tragenden Teil auf das zunächst unbeschichtete Teil eine Glättung beider Oberflächen, wodurch die Betriebstemperatur reduziert und die Laufruhe erhöht wird.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn die Beschichtung von der Seite des zu beschichtenden Bauteils zur freien Oberfläche hin eine unterschiedliche Zusammensetzung aufweist. Hierdurch können unterschiedliche Funktionen eingestellt werden, wie die Haftung der Beschichtung an dem Grundkörper einerseits und ihre Abriebsfestigkeit bezüglich des dazu bewegten Teils andererseits. Darüber hinaus ist die Beschichtung unabhängig von der Geometrie des zu beschichtenden Gegenstands.

Wenn der Schmierstoffanteil an der freien Oberfläche der Beschichtung gegenüber der Seite des zu beschichtenden Bauteils erhöht ist, hat dies den Vorteil, dass der Eingriffspartner besser mit Schmierstoff versorgt wird.

Die Weiterbildung, bei der die Beschichtung wenigstens eine mit der Oberfläche des beschichteten Teils verbundene Trägerschicht und wenigstens eine Schmierstoffschicht umfasst, bringt den Vorteil der gezielten Einstellbarkeit der Haftung der Beschichtung an dem die Beschichtung tragenden Teil mit sich.

Wenn der Schmierstoff aus der Beschichtung ein Festkörperschmierstoff ist, kann sichergestellt werden, dass

außerhalb des Betriebs keine Bestandteile freigesetzt werden, die Verunreinigungen verursachen könnten.

Wenn die in die Beschichtung eingelagerten Bestandteile während des Betriebes einen flüssigen Zustand annehmen können, wird vorteilhaft sichergestellt, dass die Schmierung nur im Betrieb und nur lokal erfolgt.

Wenn die Beschichtung eine metalledierte, diamantähnliche Kohlenstoffschicht (DLC) umfasst, ist bei gewährleisteter Abriebfestigkeit gleichzeitig eine exzellente Schmierung sichergestellt.

Wenn eine Trägerschicht metallisch ist, bringt dies den Vorteil mit sich, die Oberflächenhärte gezielt einstellen zu können. Die Oberflächenhärte des beschichteten Teils kann dabei geringer sein.

Wenn die Beschichtung eine ein- oder mehrlagige Polymerschicht umfasst, erlaubt dies ein breites Anwendungsspektrum, da das Potential von verwendbaren organischen Verbindungen extrem hoch ist. Von besonderem Interesse sind Polymere, welche einen geringen Reibungskoeffizienten, gute Druck- und zugleich Flexibilitätseigenschaften aufweisen und abriebfest und hart sind. Vor diesem Hintergrund kommt hier beispielsweise PTFE in Frage. Die Oberfläche einer derartigen Polymerschicht ist dann die Arbeitsfläche eines der Wälzpartner.

Darüber hinaus können die jeweiligen spezifischen Eigenschaften beim Aufbringen mehrerer Materialien, wie Passivierung, Abriebfestigkeit, Druckstabilität, hohe Gleitwirkung, Schichtdicke, Schichtanzahl usw. einzeln und gezielt eingestellt werden. Durch die Berührung einer



Polymerbeschichtung mit einer nicht beschichteten Oberfläche werden die spezifischen Eigenschaften des jeweiligen Polymers mit der Übertragung von Teilen des Polymers auf die zuvor nicht beschichtete Seite des Eingriffspartners mit übertragen. Darüber hinaus spielt die Form des zu beschichtenden Gegenstands keine Rolle für die Beschichtung und ein weiterer Vorteil ist, dass derartige Polymerschichten eine ebene homogene Fläche bilden, die als Wälzfläche geeignet sind.

Wenn in der Beschichtung darüber hinaus weitere Funktionsschichten vorhanden sind, können die spezifischen Eigenschaften diverser Funktionsschichten miteinander kombiniert werden. Wenn davon eine Schicht z.B. druckstabilisierend wirkt, indem die auf die Beschichtung einwirkende Druckspitzen in den Schichten verteilt werden, verbessert dies die Standfestigkeit und Lebensdauer des betreffenden Bauteils und damit des gesamten Instruments.

Vorteilhafterweise weist die Beschichtung eine innere Dämpfung auf, welche das Laufgeräusch reduziert.

Wenn die Beschichtung einen sich durch Verschleiß ändernden elektrischen Widerstand aufweist, so kann über die Reduktion der Schichtdicke, z.B. durch Abrieb, der qualitative und quantitative Verschleißzustand der Beschichtung anhand einer Widerstandsänderung festgestellt werden.

Wenn die Beschichtung elektrisch isolierend ist, kann über eine Messung des Widerstands festgestellt werden, ob die Baugruppen galvanisch getrennt sind, solange noch ausreichend isolierende Beschichtung vorhanden ist.

Wenn sich die Beschichtung optisch vom Grundmaterial unterscheidet, hat dies den Vorteil, dass der Verschleißzustand durch eine optisch wahrnehmbare Veränderung der Beschichtung erkennbar ist.

Wenn sich die optischen Eigenschaften wie Farbe, Glanzgrad (Spiegeleffekt) oder Farbintensität der Beschichtung durch Verschleiß ändern, bringt dies wiederum den Vorteil mit sich, dass die Intensität des Verschleißes abhängig vom Verschleißort durch optisch wahrnehmbare Veränderung der Beschichtung, wie z.B. Einlaufspuren, erkennbar ist.

Wenn die Beschichtung durch den Einsatz einer Polymerschicht die Oberflächenhärte verringert, wirkt sie dämpfend, was sich vorteilhaft auf die Laufruhe auswirkt. Wenn die Beschichtung aber durch den Einsatz einer Polymerschicht die Oberflächenhärte unverändert lässt, so wird durch die Polymerschicht der Reibungswiderstand reduziert. Wenn die Oberflächenhärte jedoch erhöht wird, kann wiederum die Abtragungsrate der Beschichtung verringert werden. Gemeinsamer Vorteil bleibt, dass mit Hilfe der Beschichtungen unter anderem die Laufeigenschaften und Abriebseigenschaften eingestellt werden können.

Vorteilhafterweise ist mindestens ein Bauteil des Wälzlagers mit einer entsprechenden Beschichtung versehen, so dass hierdurch eine Schmierung sichergestellt ist. So können bei einem Kugellager beispielsweise Innenring und/oder Außenring und/oder der Kugelkäfig und/oder die Kugeln beschichtet sein. Wenn nur jeweils eines der zueinander bewegten Teile beschichtet wird, kann dies die Fertigungskosten reduzieren und ermöglicht über die Materialübertragung an das unbeschichtete Teil eine insgesamt gesehen besonders dünne Funktionsschicht.

Wenn ein zusätzliches erstes ungebundenes Schmiermittel, dies entspricht einem zweiten Schmiermaterial, wie Fett oder Öl, oder Zusatzstoffe mit vergleichbarer Wirkung ausschließlich an den in Kontakt befindlichen Oberflächen der Teile vorgesehen wird, kann ein zusätzlicher Schmiereffekt mit den sich daraus ergebenden weiteren Vorteilen, wie z.B. der Verbesserung der Laufruhe erreicht werden. Im Falle einer solchen Kombination von Schmiermaterialien kann das Verhalten des Gesamtsystems auf unterschiedlichste Benutzerbedürfnisse eingestellt werden.

Wenn das zusätzliche ungebundene Schmiermittel hohe Adhäsions- und Kohäsionskräfte aufweist, kann verhindert werden, dass es sich von den zusätzlich geschmierten Flächen wegbewegt und in der Umgebung des Einsatzortes, z.B. im Handinstrument oder im Arbeitsbereich des Werkzeug vagabundiert, wobei hierbei die Adhäsionskräfte in erster Linie für die Bindung zwischen zwei Materialien dienen und die Kohäsionskräfte für den inneren Zusammenhalt des Stoffs. Wenn beide einen hohen Wert aufweisen, ist gewährleistet, dass das Schmiermittel seine Wirkung punktgenau entfalten kann. Hierdurch kann insbesondere gewährleistet werden, dass ein derartiges Schmiermittel einmalig bei der Produktion appliziert wird und während der Produktlebenszeit nicht mehr aufgebracht werden muss.

Wenn zu dem bereits zugegebenen zusätzlichen ersten Schmiermittel noch ein weiteres ungebundenes zweites Schmiermittel, entspricht einem dritten Schmiermaterial, eingebracht wird, wie z.B. Öl zusätzlich zu Schmierfett im Lager, kann das Betriebsverhalten mit weiteren Parametern eingestellt werden. So können hierdurch z.B. die Reibung und

damit die Betriebstemperatur noch weiter reduziert werden und die Laufruhe kann weiter erhöht werden.

Wenn der gebundene Schmierstoff als Träger für das weitere ungebundene Schmiermittel ausgebildet ist, kann ein Zusammenwirken der ergänzenden Eigenschaften der jeweiligen Stoffe sichergestellt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Beschichtung sterilisierbar ist und/oder wenn das oder die weiteren Schmiermaterialien sterilisierbar sind. Dadurch lässt sich unter anderem die im Bereich der Medizin geforderte Keimfreiheit durch Sterilisation erreichen. Auch in anderen Anwendungsbereichen kann eine hohe Temperatur- und/oder Feuchtigkeitsresistenz von Vorteil sein.

Wenn der Schmierstoff der Beschichtung und das weitere Schmiermittel so ausgewählt sind, dass sie zu einem Schmiermittel nach dem Stand der Technik kompatibel sind, führt auch die herkömmliche Pflege und Schmierung mit Öl nicht zu einem Verlust der Eigenschaften der Beschichtung.

Wenn der Schmierstoff aus mehreren Schichten besteht, ist ein Gleit- und Schmiereffekt auch zwischen den Schichten des Schmierstoffs gewährleistet, so dass die Schmierfähigkeit erhöht wird.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigt die

- Fig. 1      ein Kopfgehäuse einer zahnärztlichen Turbine im Längsschnitt, die
- Fig. 2      ein Wälzlager mit Welle und Getriebe, teilweise im Längsschnitt, die
- Fig. 3      den Aufbau einer multifunktionellen Hybridschicht und die
- Fig. 4      einen Schnitt durch erfindungsgemäß gestaltete Lagermittel.

#### Ausführungsbeispiel

In Fig. 1 ist der vordere Teil eines zahnärztlichen Handinstruments dargestellt. Die Abbildung zeigt in einer Schnittdarstellung den vorderen Teil eines zahnärztlichen Turbinenhandstückes mit einem Kopfgehäuse 1, in dem in bekannter Weise eine Rotorwelle 2 mit einem Rotor 4 für ein anzutreibendes Werkzeug 3 mittels Wälzlager 5, 6 gelagert ist. Die Wälzkörper, hier Kugeln werden durch einen Kugelkäfig 10, 11 auf Abstand gehalten.

In diesem Turbinenhandstück kommen insbesondere die Lagerungen 5, 6 und/oder die Käfige 10, 11 für eine Beschichtung in Frage.

Die Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt eines zahnärztlichen Handstückes, bei dem im Innern einer Griffhülse 15 zwei Triebwellenabschnitte 16, 17 gelagert sind. Zur Lagerung sind mehrere zumindest teilweise beschichtete Wälzlager 18, hier ausgeführt als Kugellager 18 und Gleitlager 19, vorgesehen. Die Verzahnung eines Getriebes besteht aus zwei Zahnrädern 20, 21.

Die zumindest teilweise beschichteten Wälzlager 18 können mit einem weiteren Schmiermittel geschmiert werden. Die Wälzlager können aber auch ganz durch Gleitlager ersetzt werden, wobei in diesem Fall eine entsprechende Beschichtung vorgesehen sein kann.

Der Aufbau einer multifunktionellen Hybridpolymerschicht als erste Variante des Aufbaus einer Beschichtung ist in Fig. 3 dargestellt.

Auf die Oberfläche des Grundkörpers 41 ist eine Passivierungsschicht 42 aufgebracht. Darüber ist eine druckstabilisierende Schicht 43, auf welcher wiederum eine polymere Schicht 44 als Funktionsschicht aufgebracht ist. Die Schichten sind überhöht dargestellt und die gesamte Schichtdicke beträgt 1 -10  $\mu\text{m}$ .

Die Vorteile einer Hybridpolymerschicht bestehen darin, dass jede Schicht eine bestimmte Funktion erfüllen kann, wie z.B. Passivierung, Abriebfestigkeit, Druckstabilität, hohe Gleitwirkung usw. Die Beschichtung ist auch in diesem Fall unabhängig von der Form des zu beschichteten Gegenstands und die Schichtdicke und Anzahl der Schichten sind individuell einstellbar. Die Polymere bilden dabei ebene, homogene Flächen.

Die Polymerschicht kann in ihrem eigenen inneren Aufbau aus diversen Lagen des selben Materials bestehen. Diese Lagen können idealerweise über Gleitvorgänge zwischen diesen Lagen die Schmierung unterstützen. Darüber hinaus kann in dem Polymer gebundener Schmierstoff eingelagert sein und es kann außerdem noch ungebundenes Schmiermaterial, z.B. bei der Montage, appliziert sein. Über das Zusammenwirken der einzelnen Schichten kann die Schmierfähigkeit präzise eingestellt werden.

Fig. 4a zeigt einen Grundkörper 51, der einmal mit einer Übergangs- 52a und einer Stützschiicht 52b versehen ist, auf welchen wiederum eine den Schmierstoff enthaltende oder bildende Funktionsschiicht 53 aufgebracht ist. Die Übergangsschiicht 52a stellt die Verbindung zu dem Grundkörper 51 her, die Stützschiicht 52b ermöglicht einen Druckausgleich. Alternativ können auch nur eine oder mehr als zwei Schichten 52a, 52b eingesetzt werden. Auf dem der Funktionsschiicht 53 gegenüber liegenden Körper 54 ist weder eine Träger- noch eine Funktionsschiicht angebracht.

Durch den Wälzprozess und die sich hierbei ereignenden Vorgänge ergeben sich in der Beschichtungsverteilung Änderungen, wie sie in Figur 4b dargestellt sind. Durch den Wälzvorgang wird Material aus der Funktionsschiicht 53 an den gegenüberliegenden Körper 58 übertragen und lagert sich dort als Funktionsschiicht 53b ab. Weiterhin stellen sich beidseitig geglättete Wälzflächen 55, 56 auf der Funktionsschiicht 53a des Grundkörpers 51 bzw. auf der Funktionsschiicht 53b ein.

Bei der Funktionsschiicht 53 kann es sich um eine metalldotierte DLC-Schiicht handeln. Diese z.B. dem Verschleißschutz dienenden Schichten verhindern den Kontakt zwischen den unmittelbaren Wälzpartnern nämlich den Grundkörpern 51, 54. Die Eigenschaften der gesamten Funktionsschiicht ist insbesondere über ihre Schichten, wie z.B. die Einzelschichten 52a und 52b, individuell einstellbar. Die Funktionsschiicht 53 weist im Fall einer ersten untersuchten Variante einer solchen Schicht einen Reibkoeffizienten von 0,03 auf.

Darüber weist die Funktionsschiicht 53 als Schmierstoff, hier als Trockenschmierschiicht, die Merkmale auf, dass sie aus modifiziertem Wolfram-Disulfid in lamellarer Form besteht, dass sie eine molekulare Bindung und hierdurch gleichzeitig

eine physikalische Verbindung mit dem Trägermaterial eingeht. Hierdurch ist letztlich eine über die gesamte Abwälzstrecke ausgeprägte Schutzschicht vorhanden, die darüber hinaus nicht toxisch oder korrosiv wirkt und vor allem kompatibel zu Ölen, Fetten, Lösungsmittel, Benzin u. Alkohol ist.

Bei einer auch als WC/C bezeichneten untersuchte zweiten Ausführungsform einer solchen Oberflächenbeschichtung mit einer metallocdotierten DLC-Schicht handelt es sich um eine Hartstoffschicht mit Trockenschmiereigenschaft, deren Härte bei ca. 1000 HV liegt. Der Schichtaufbau umfasst eine Chromzwischen-schicht und mehrere lamellar angeordnete WC/C-Schichten. Insgesamt liegt eine gute Kohäsionseigenschaft der Schichten vor. Bei einer gesamten Schichtdicke von 1 - 4 µm liegt darüber hinaus eine sehr gute Adhäsionseigenschaft vor. Eine derartige Schicht weist eine Temperaturbeständigkeit von 300°C, sowie einen theoretischen Reibungskoeffizient von 0,2 bei einer gleichmäßig glatten Oberflächenstruktur auf.

Je nach Einstellung kann die Gleitebene der Schmierung durch den gebundenen Schmierstoff oder durch die ungebundenen Schmiermittel definiert sein.



## Ansprüche

1. Wälzlager mit integriertem Schmiermaterial zum Schmieren zueinander bewegter Teile, insbesondere mit einem jeweils eine Laufbahn aufweisenden Innenring und einem Außenring, zwischen denen Wälzkörper, insbesondere Lagerkugeln angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der Teile eine zumindest teilflächige Beschichtung (52, 53) mit einem Schmierstoff aufweist.
2. Wälzlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  $n \cdot D_m \geq 1 \text{ Mio.}$  ( $n = \text{Drehzahl [1/min]},$   
 $D_m = \text{Kugelmittlenkreis [mm]}$ ) ist.
3. Wälzlager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff so ausgebildet ist, dass er bei der Bewegung der Teile von dem die Beschichtung tragenden Teil an das unbeschichtete Teil übertragen wird.
4. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff und die Gegenfläche (57) des unbeschichteten Teils (54) so ausgebildet sind, dass der Schmierstoff an der Gegenfläche des unbeschichteten Teils (54) haftet.
5. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung von der Seite des zu beschichtenden Bauteils zur freien Oberfläche hin eine unterschiedliche Zusammensetzung (52a, 52b, 53, 42, 43, 44) aufweist.

6. Wälzlager nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoffanteil an der freien Oberfläche der Beschichtung (55) gegenüber der Seite des zu beschichtenden Bauteils erhöht ist.
7. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung wenigstens eine mit der Oberfläche des beschichteten Teils verbundene Trägerschicht (52a, 42) und wenigstens eine Schmierstoffschicht ( 53, 43, 44) umfasst.
8. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff aus der Beschichtung (53, 44) ein Festkörperschmierstoff ist.
9. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff in die Beschichtung (53, 44) eingelagerte Bestandteile aufweist, welche während des Betriebes einen flüssigen Zustand annehmen.
10. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 9 dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (53, 44) eine metalldotierte, diamantähnliche Kohlenstoffschicht DLC umfasst.
11. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung eine ein- oder mehrlagige Polymerschicht (42, 43, 44) umfasst.
12. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerschicht (42, 52a) metallisch ist.

13. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass in der gesamten Beschichtung weitere Funktionsschichten (52a, 52b, 42, 43) vorhanden sind, von denen eine druckstabilisierend ist.
14. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 13 gekennzeichnet dadurch, dass eine oder mehrere Schichten der Beschichtung eine innere Dämpfung aufweisen.
15. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 14 dadurch gekennzeichnet, dass sich der elektrische Widerstand der Beschichtung durch Verschleiß ändert.
16. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 15 dadurch gekennzeichnet, dass eine der mehreren Schichten elektrisch isolierend wirken.
17. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 16 dadurch gekennzeichnet, dass sich die Beschichtung optisch vom Grundmaterial (51, 41) unterscheidet.
18. Wälzlager nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass sich die optischen Eigenschaften der Beschichtung durch Verschleiß ändert.
19. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung die Oberflächenhärte verringert oder unverändert lässt.

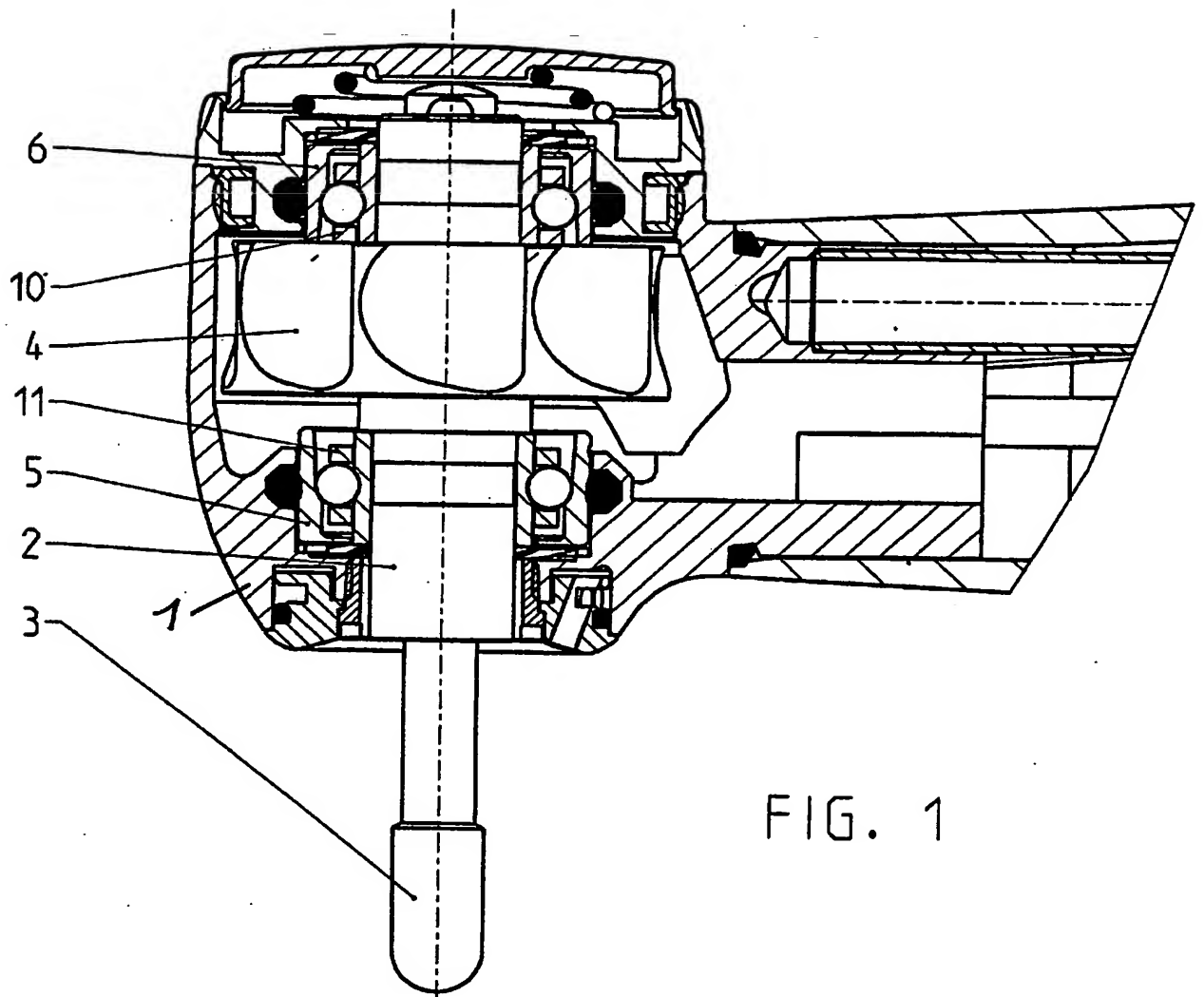
20. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Bauteil eines Wälzlagers mit einer entsprechenden Beschichtung versehen ist.
21. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Bauteil eines Gleitlagers mit einer Beschichtung versehen ist.
22. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass ein zusätzliches Schmiermittel ausschließlich an den in Kontakt befindlichen Oberflächen der Teile vorgesehen ist.
23. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das zusätzliche Schmiermittel hohe Adhäsions- und Kohäsionskräfte aufweist.
24. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiteres, zweites ungebundenes Schmiermittel vorhanden ist.
25. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff als Träger für das oder die Schmiermittel ausgebildet ist.
26. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung und/oder die weiteren Schmiermittel sterilisierbar sind.

27. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff der Beschichtung (53, 44) und/oder das weitere Schmiermittel so ausgewählt sind, dass sie zu einem Schmiermittel nach dem Stand der Technik kompatibel sind.
28. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff aus mehreren Schichten bestehen.

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Wälzlager mit integrierter Schmierung, wobei die zueinander bewegten Teile in Oberflächenkontakt zueinander stehen. Mindestens eines der Teile weist eine zumindest teilflächige Beschichtung (52, 53) mit einem Schmierstoff auf.

1/4



2/4

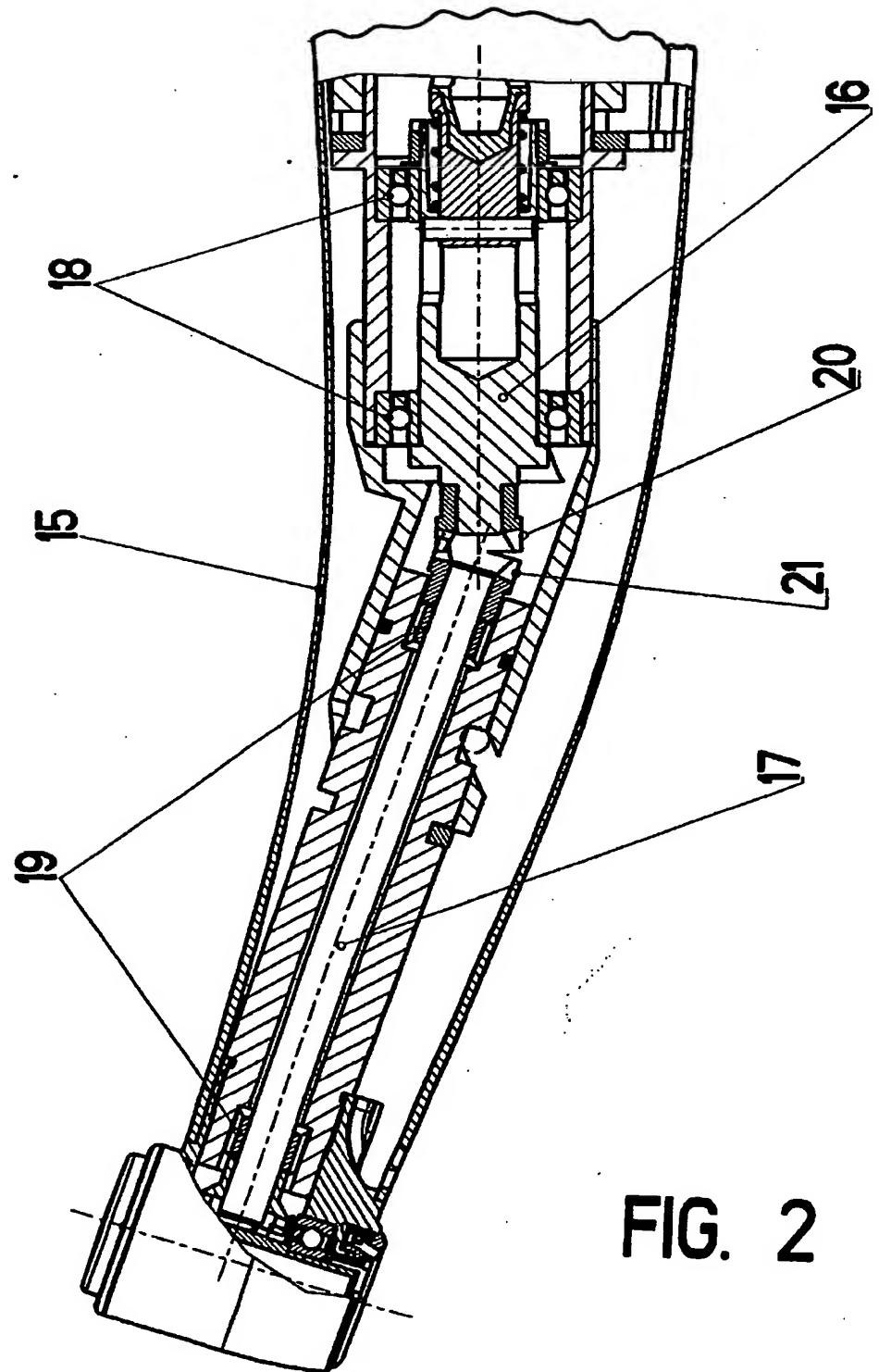
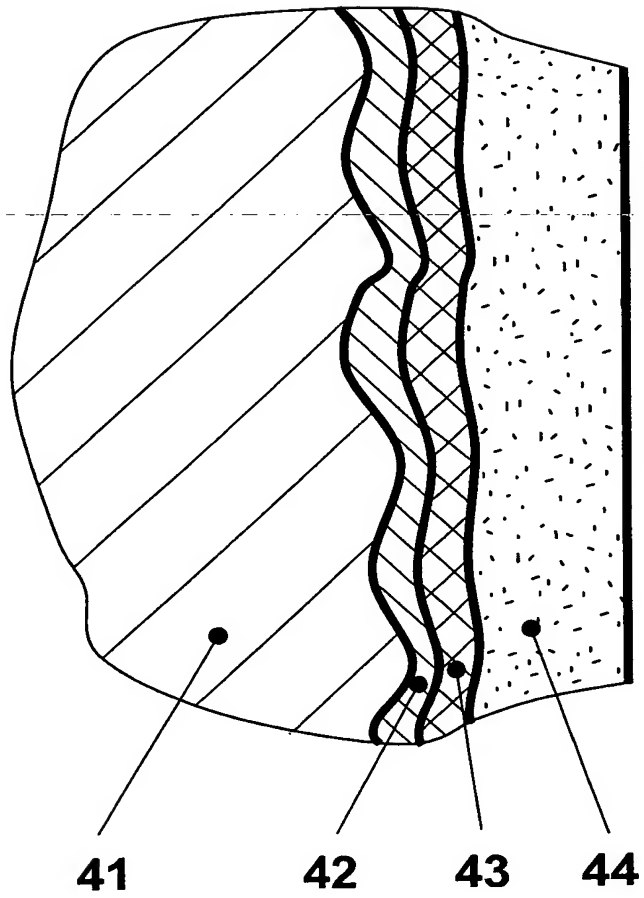


FIG. 2



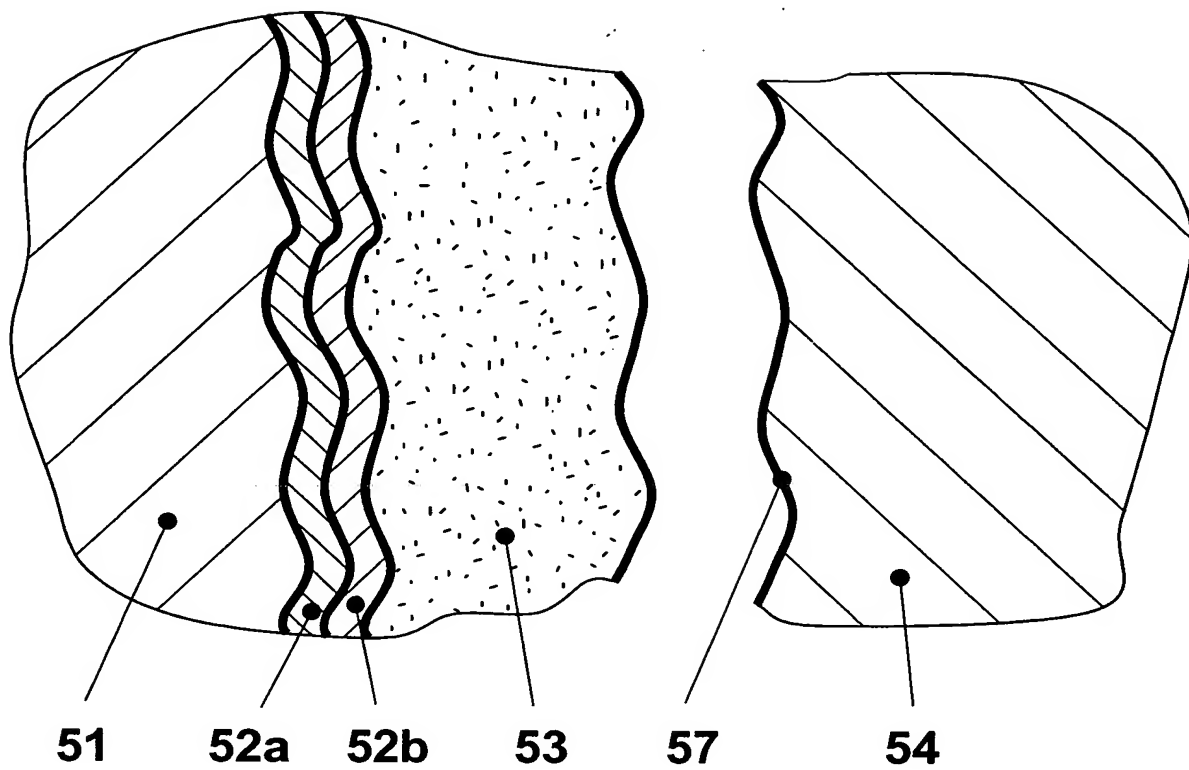
3/4

**FIG 3**



4/4

**FIG 4a**



**FIG 4b**

